

OPONENTSKÝ POSUDOK DIZERTAČNEJ PRÁCE

Meno doktoranda: **Ing. Vojtěch Štěpánek**

Téma práce: **Problematika teplotní kompenzace lineárního
enkodéru obráběcího centra**

Školitel': prof. Dr. Ing. Jiří Marek, Ph.D., BDA

Oponent: Dr.h.c. prof. Ing. Lubomír Šooš, PhD.
STU v Bratislave, Strojnícka fakulta

Školiace pracovisko: VUT v Brno, Fakulta strojní,
Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Študijný program: Stroje a zařízení

Študijný odbor: Konstrukční a procesní inženýrství

Dizertačná práca pojednáva o dekompozícii stroja pomocou systémového prístupu s tým, že chce nájsť závislosti medzi geometrickou chybou presnosti nabehnutia do polohy v osi s teplotným gradientom. Práca je koncipovaná tak, že pomocou virtuálneho modelu predikuje vývoj teplotnej chyby, a na základe tejto predikcie určuje akčné zásahy v riadiacom systéme obrábacieho stroja a tým eliminuje chybu nabehnutia do polohy v osi. Výsledkom práce je okrem iného opis najmä teplotného správania lineárneho snímača polohy. Tieto výsledky prezentuje dizertant na prípadových štúdiách, pričom ich verifikuje experimentálnymi metódami.

Aktuálnosť témy dizertačnej práce

Tému dizertačnej práce považujem za veľmi aktuálnu, a to najmä z dôvodu toho, že teplotné ovplyvňovanie prevádzky CNC stroja je jedným z hlavných rizikových faktorov ich spoľahlivého prevádzkovania. V praxi pri prevádzkovaní CNC obrábacích strojov je možné jasne vypožorovať závislosť medzi teplotným gradientom okolia stroja, alebo teplom vznikajúceho lokálne v mechanickej sústave a následným ovplyvnením mechanickej sústavy,

a tým aj presnosti nastavenia nástroja voči obrobku. Možno vypozerovať, že určitým podielom sa na tomto ovplyvňovaní podieľa spätnoväzbový člen CNC riadenia – odmeriavacie pravítko.

Splnenie stanového cieľa dizertačnej práce

Ing. Štěpánek si dal za čiastkový cieľ svojej dizertačnej práce (str. 45) stanoviť hypotézu, že pri lineárnom odmeriavaní polohy ako spätne väzbového člena v pozičnom regulátore pohybovej osi stroja, možno očakávať skutočnosť, že jeho teplotné správanie bude mať majoritné vplyv na presnosť nabehnutia do polohy v osi. Chápe túto skutočnosť ako komplexný systém, čo doložil systémovým rozborom podstatných veličín majúcich vplyv na mechanické vlastnosti stroja (str. 47 a ďalej).

Ďalším čiastkovým cieľom je spracovanie metodiky eliminácie teplotných gradientov pôsobiacich na CNC obrábacie stroje, ktorá bude vychádzať zo systémového prístupu, čo demonštruje v kapitole 7 (od str. 63). Tieto eliminácie považujem za prínosné a konštatujem, že sa jedná o jeho originálny prístup.

Splnil tiež ďalšie čiastkové ciele uvedené na str. 45 jeho dizertačnej práce.

Postup riešenia problému a výsledky dizertačnej práce s uvedením konkrétneho prínosu doktoranda

Postup riešenia, ktorý doktorand prezentuje, považujem za logický a zmysluplný. Ide postupný systémový prístup (str. 47 a ďalej) a riešenie jeho jednotlivých atribútov k podstate riešenej problematiky, čo je predpokladom na splnenie cieľa.

Konkrétny prínos doktoranda je možné vidieť v nasadení všeobecného systémového prístupu na konkrétnu oblasť riešenej problematiky teplotného ovplyvňovania prevádzkovania stroja so zameraním na teplotné správanie spätne väzobného člena. A práve túto skutočnosť považujem za prínosnú, pretože v konštrukcii CNC obrábacích strojov nie je skutočnosť súvisiaca s teplotným správaním odmeriavacieho pravítka príliš prebádaná.

Pokiaľ je skúmaný vplyv otepľovania odmeriavacieho pravítka súčasne riešený už vo fáze konštrukčného návrhu stroja, tak sa spolu s inými zásadami správnej konštrukcie CNC obrábacieho stroja prejaví veľký synergický efekt v jeho prevádzkových vlastnostiach. To možno považovať za teoretický prínos doktoranda, pretože bol vytvorený kompenzačný algoritmus, ktorý je založený na fyzikálnej podstate problému teplotného správania lineárneho snímača. Prínos pre Ústav výrobných strojov, systémov a robotiky je bezpochyby v nadobudnutých skúsenostiach z oblasti riadiacich systémov CNC strojov, ich možnosťou pripojenia do vyšších systémov plánovania výroby, do systému pokročilých metód Edge Computingu, virtuálneho sprevádzkovania a cez ďalšie prvky Industry 4.0 až k plnohodnotnému digitálnemu dvojčat'u.

Z tohto pohľadu je dizertačná práca prínosom pre teoretický rozvoj odboru, cenná najmä preto, že navrhnutý postup bol vďaka prípadovým štúdiám overený na reálnych strojoch.

Význam pre prax a rozvoj odboru

Druhým, praktickým prínosom doktoranda je záverečná časť siedmej kapitoly s vývojovým diagramom, ktorý predstavuje metodiku návrhu kompenzačného algoritmu, vrátane zhodnotenia požiadaviek na spresňovanie pracovnej presnosti CNC obrábacieho stroja. Tento možno bezpochyby použiť v praxi, čo preukázal pomocou prípadových štúdií s rôznymi riadiacimi systémami (kap. 9, str. 83). Z tohto pohľadu je práca prínosom pre prax.

Formálna úprava dizertačnej práce a jej jazyková úroveň

Formálna úprava dizertačnej práce pôsobí na prvý pohľad v poriadku, avšak pri podrobnejšom čítaní má množstvo nedostatkov a preklepov. Uvádzam nasledujúci príklad, kedy doktorand na strane 93 uviedol z jazykového pohľadu zle názov svojho materského ústavu.

Dvakrát opakovanie tej istej rovnice „(1)“ a „(4)“ na stranách 51a 64.

Aj napriek týmto nedostatkom, ktoré by sa doktorandovi mali stávať v obmedzenej miere, táto skutočnosť nijako neznižuje vedeckosť predloženej práce. Citácie sú vykonané riadne, práca je usporiadaná v logickom slede.

Dizertačná práca spĺňa podmienky uvedené v § 47 ods. 4 zákona, obsahuje pôvodné a uverejnené výsledky alebo výsledky prijaté na uverejnenie. Študent preukázal tvorivé schopnosti v danej oblasti výskumu odboru Konštrukčné a procesné inžinierstvo. Práce spĺňa požiadavky štandardne kladené na dizertačné práce v danom odbore Konštrukčné

Dizertačnú prácu Ing. Vojtecha Štěpánka odporúčam na obhajobu a po úspešnej obhajobe odporúčam udeliť titul Ph.D.

K práci mám nasledujúce otázky:

1. Vyložte rozdiel medzi slovom metodika a metóda.
2. Aké zložité bude aplikovať vaše závery na rôzne druhy (sústruh, frézka) a typy CNC obrábacích strojov (portálové obrábacie centrum, obrábacie centrum s vodorovnou osou vretena?). Uveďte príklady.
3. Podľa vášho odhadu, koľko českých výrobcov, rozoznáva, že otepľovanie odmeriavacieho pravítka má „nejaký“ vplyv na nájazd do polohy?

V Bratislave 17. 10. 2022

Dr.h.c. prof. Ing. Ľubomír Šooš, PhD.
SjF STU Bratislava - oponent